

MEDICOR Művek és SOTE Számítástechnikai  
Intézet

Vegetatív reakciók összehasonlítása frekvenciatartomány-  
beli adatredukcióval

Korányi László és Kopp Mária

Az alábbiakban egy közösen végzett kutatási munka egy részét képező területről számolunk be. A közlemény első és utolsó bekezdései kapcsolják ezt a részterületet a munka általánosabb célkitűzéseseihez.

Számos élettani modell ismeretes, amely az ember-környezet interakcióban a pszichofiziológiai alkalmazkodási, összehangolási folyamatot írja le. Az alkalmazkodási modellek egy része a környezeti hatások és a vegetatív tünetképződés kapcsolatát a vegetatív homeosztázis szempontjából elemzi.

Az egyénnek, vizsgálataink szempontjából lényeges paramétereit alapvetően két tartományban tekinthetjük stabilnak: a normál és az irreverzibilisen kóros tartományban. A krónikus megbetegedés előtt, a betegség korai szakaszában lévő személyeken, a vegetatív szabályozás instabillá válásának folyamata tanulmányozható. Ebben a szakaszban a változások még reverzibilisek, azaz megfelelő környezeti feltételek mellett lehetőség van az egészséges stabilitásra való visszatérésre, de lehet, hogy az instabil állapot a kóros stabilitás irányába dől el. Vizsgálataink célja az előbbieik alapján a kóros stabilitáshoz vezető jellemzők meghatározása volt a két leggyakoribb ún. vegetatív megbetegedés, a hipertónia és a nyombélfekély

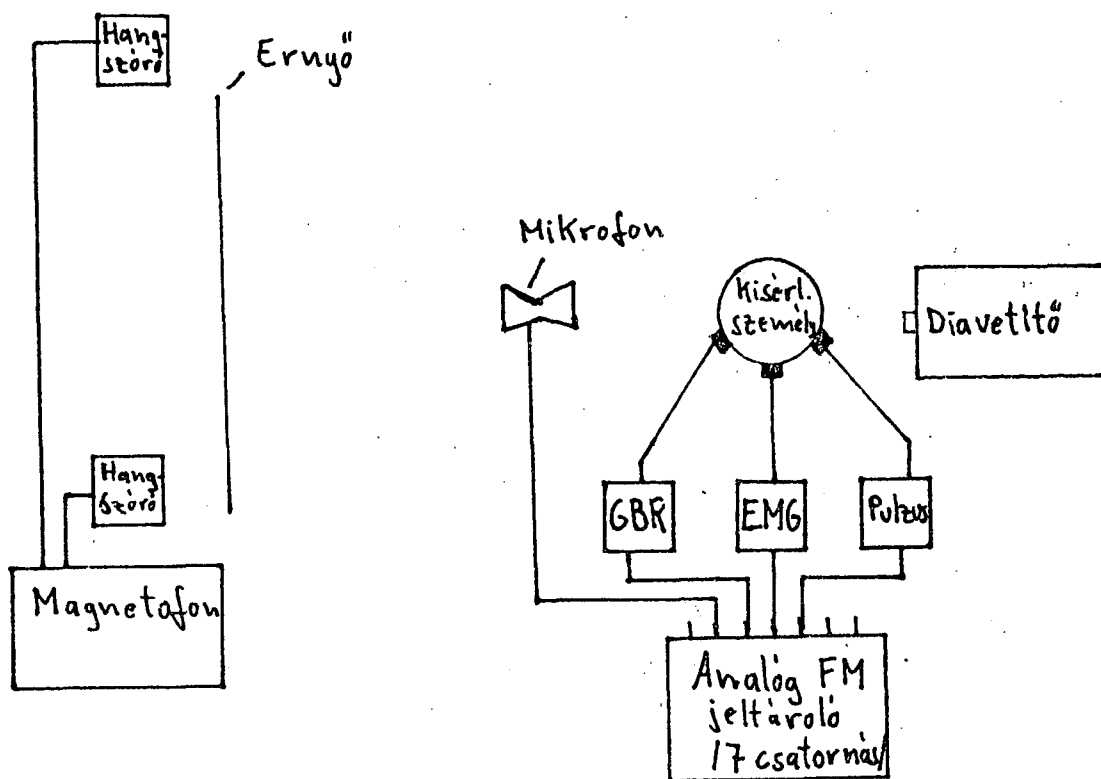
korai szakaszában, valamint a két betegcsoport és a kontrollcsoport jellemzőinek összehasonlítása. Vizsgálataink körét tovább szűkítettük bizonyos pszichofiziológiai ingerekre adott jellegzetes vegetatív válaszminták, pszichofiziológiai vonások elemzésére.

A vizsgálatba bevont kísérleti személyek nagyrészt egyetemi hallgatók voltak, kiválasztásuk a Budapesti Műszaki Egyetem rendelőintézetének szűrővizsgálatai alapján történt. A méréseket összesen 3 csoportban, kb. 120 kísérleti személyen végeztük el.

#### A mérések menete, a vegetatív aktiváció

A vegetatív válaszreakciók vizsgálatához a következő 3 jelet választottuk ki a mérések céljára: a bőrellenállást, a pulzusgörbét és a felületi elektródás integrált elektromiogramot. /Az 1. ábrán látható a mérési összeállítás./ A kísérleti személyek hangszigetelt, sötét szobában, kényelmes karosszékekben foglaltak helyet. 7 perces relaxáció /zenehallgatás/ után verbális-, hang- és szín-ingersorozat hatását vizsgáltuk. A 10 szóinger kb. 45 s-os időközökkel következett, amire a kísérleti személyeknek az először eszükbe jutó szóval kellett válaszolniuk. Ezután 90 db-es, 1000 Hz-es hangokat hallottak 3 s-ig, 45 s-os időközönként, háromszor ismételve. Mindezeket az ingereket magnetofonról játszottuk le. Ezt követően levetítettük a Lüscher-teszt 8 alapszínét, kb. 30 s-os időközönként.

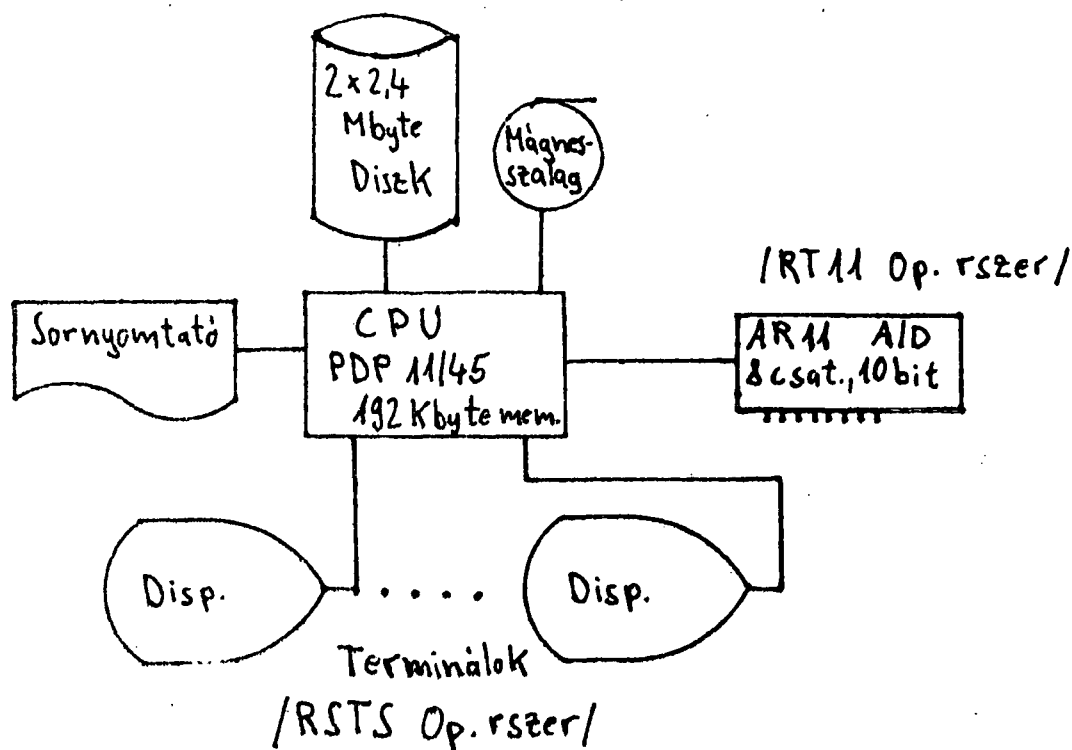
Az elektródokat a kísérleti személy feltámasztott kezén helyeztük el: A GBR-t a 3. és 4. ujjon elhelyezett elektródokkal, a pulzusgörbét a 2. ujjon elhelyezett fotopletizmográfiás elektróddal, az EMG-t pedig a Thenar fölé elhelyezett ezüst-ezüstklorid elektróddal mértük. Az EMG-t és a pulzusgörbét Medicor készülékkel, a GBR-t a KG ISZSZI által kifejlesztett készülék módosított változatá-



1. ábra

A mérési összeállítás

val mértük. A három jelet Siemens Anal-7-es mágneses jeltárolóval /FM/ rögzítettük. Továbbá rögzítettünk egy 4. jelet is: felvettük a hangszóróból elhangzó inger szavakat és hangokat, valamint a kísérleti személyek által mondott válasz szavakat. A feldolgozások során ez a jel szolgáltatja az ingerek és a válaszok időpontját megadó szinkron jeleket. Ilyen módon egy-egy kísérleti személyről összesen kb.  $4 \times 1000$  s-os analóg regisztrátum készült.



2. ábra

Számítógép konfiguráció és a használt operációs rendszerek

A feldolgozási eljárások

A továbbiakban a feldolgozások digitális számítógéppel történnek. A Budapesti Műszaki Egyetem Műszer- és Mérőtechnika tanszékén üzemel az általunk használt PDP 11/45-ös számítógép. A konfiguráció vázlata a 2. ábrán látható.

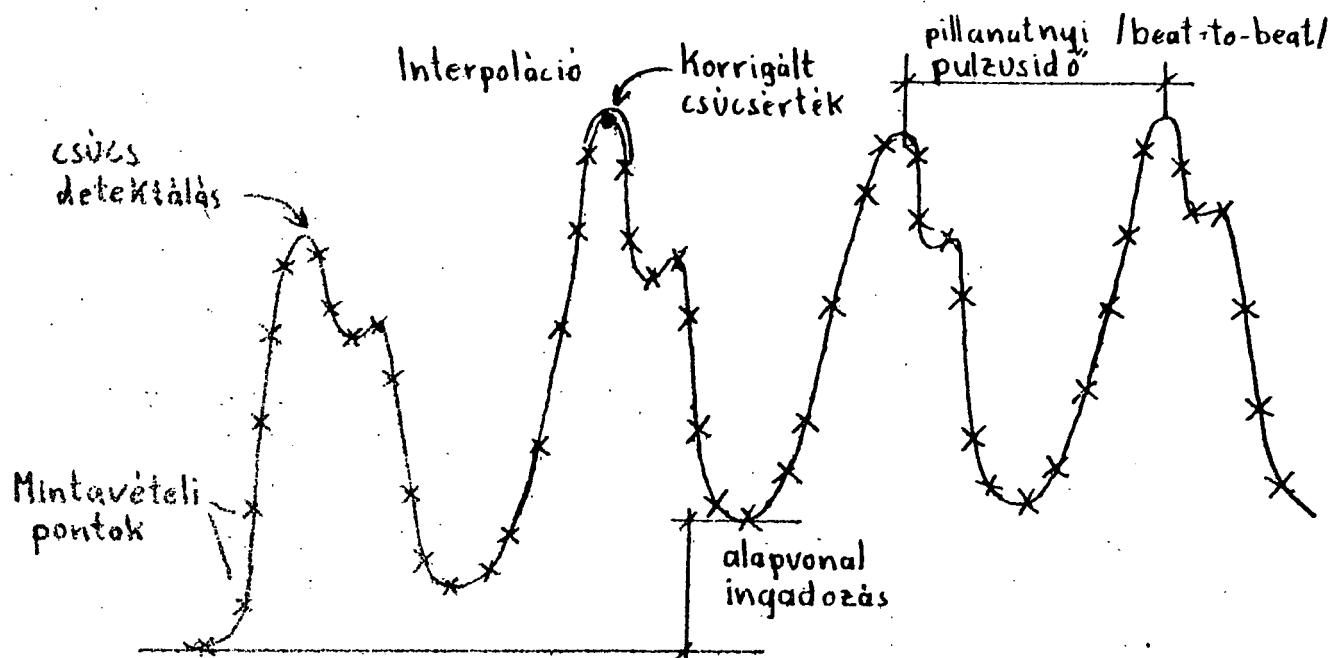
Analóg jelek digitális feldolgozásának első lépése a mintavételezés. Az adatok mennyisége szükségessé tette, hogy - még bizonyos engedmények árán is - a mintavételi

frekvenciát a lehető legalacsonyabbra válasszuk meg. Esetünkben a pulzusgörbe felső határfrekvenciája volt a meghatározó. Az általunk használt kb. 21 Hz-es mintavételi frekvencia így csak alig több, mint kétszerese a pulzus-jel felső határfrekvenciájának. Habár a mintavételezést csak a relaxációs szakasz végén indítottuk, így is a kb. 4 x 900 s-nyi regisztrátum digitalizálása szemlényként 4 x 18 Kszó adatot eredményezett, amit mágneszalagon rögzítettünk. A teljes adatmennyiség kb. 20 Mbyte volt.

Minden, - a továbbiakban ismerttetendő feldolgozó program BASIC-PLUS nyelven íródott és az RSTS/E /time sharing/ operációs rendszer alatt fut.

A hátralevő részben csak a pulzusgörbe feldolgozásának menetével foglalkozunk, ugyanis az adatredukció szempontjából ez szolgáltatta a legérdekesebb és esetleg másutt is jól hasznosítható eredményeket. Itt még egyszer le kell szögezni, hogy feldolgozási célunk a vegetatív válasz reakciók csoportok közötti *összehasonlítás* volt, tehát nem is törekedtünk kvantitatív eredményekre, már csak azért sem, mert mérési módszereink ezeket többnyire nem is tették lehetővé. Így azt a felfogást követjük, hogy az összehasonlítás szempontjából a mérési eljárások nem standadizálhatósága, a feltételek eltérései stb., mind mérési zajoknak tekintendők.

A pulzusgörbék egyedi feldolgozása két lépésben történt. Az első lépés feladatait lehet megfigyelni a 3. ábrán látható, kissé torzított görbén. A görbe analizáló program bemenetét az egyes 18 Kszó hosszúságú digitalizált pulzusgörbe regisztrátumok képezik. Egy csucsdetektáló algoritmus meghatározza az egyes pulzushullámok maximumának helyét és értékét. Tekintettel a ritka mintavételezésre, a megtalált csucsértékeket egy másodfoku il-

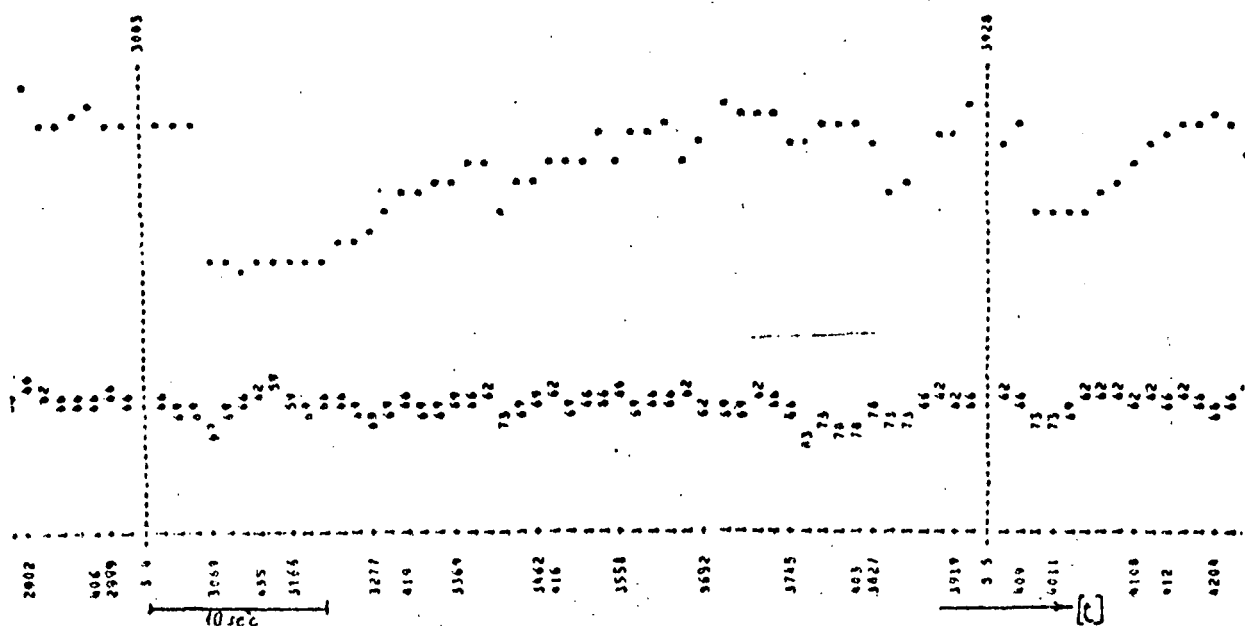


3. ábra

Pulzusgörbe, a pulzusgörbe analízis feladataival

lesztéses interpoláció eredményével korrigálja. Ez a korrekció gyorsabb, mint pl. az inverz Fourier transzformáció segítségével történő interpoláció, és pontosságban sem marad el sokkal mögötte. A fotopletizmográfias mérési módszerből következik, hogy az alapvonal már rövid idő alatt is számottevően ingadozik, ezért meg kellett valósítani, hogy a program kiszűrje ennek hatását a csúcserőkre.

A program kimenetként az egyes csúcserőket és a pillanatnyi pulzusidőket szolgáltatja. A kimeneti file mérete alkalmas adat ábrázolással kb. a bemeneti file 10 %-a. Közbülső feldolgozások céljára készültek azok a nyomtató outputok, amelyekből egy részletet mutat a 4. ábra. Az alsó görbe a pillanatnyi pulzusidőből, a felső a



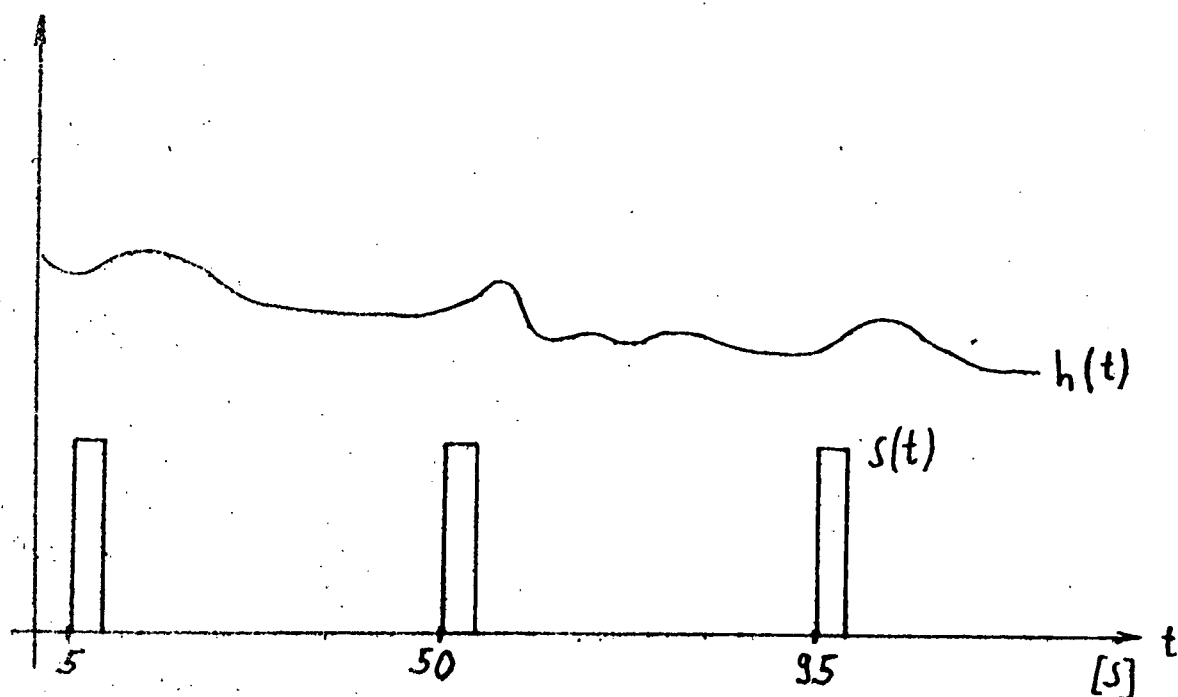
4. ábra

Felső görbe: csúcserő, alsó görbe: pillanatnyi pulzusfrekvencia. A függőleges vonalak az ingerek helyét jelzik.

csúcserőkből képzett időfüggvény. A függőleges vonalak jelzik az ingerszavak elhangzásának pillanatát, amelyek után megfigyelhetők az ingerekre adott határozott válaszreakciók.

Az ingerek és a jelekben megmutatkozó válaszok kapcsolatának jellemzésére a keresztkorreláció függvényt alkalmaztuk. Ehhez az 5. ábrán látható módon a szinkron jelekből egy négyszögimpulzus-függvényt konstruáltunk, amit a pillanatnyi pulzusidő függvénnyel keresztkorreláltatva kaptuk a  $C_{fs}$  keresztkorreláció függvényt. Mivel a korrelogram még mindig csak "elosztva" tartalmazza az egyes ingerekre adott válaszok jellemzését, ezért a nagymennyiségű regisztrátum összehasonlításának lehetővé tételéhez további adattömörítésre volt szükség. Ennek érdekében e-

Előállítottuk a keresztkorrelogramok Fourier transzformáltját az FFT algoritmus segítségével. Az így előálló kereszt-teljesítménysűrűség spektrumokra  $|G_{fs}(f)|$  mutat egy példát a 6. ábra.



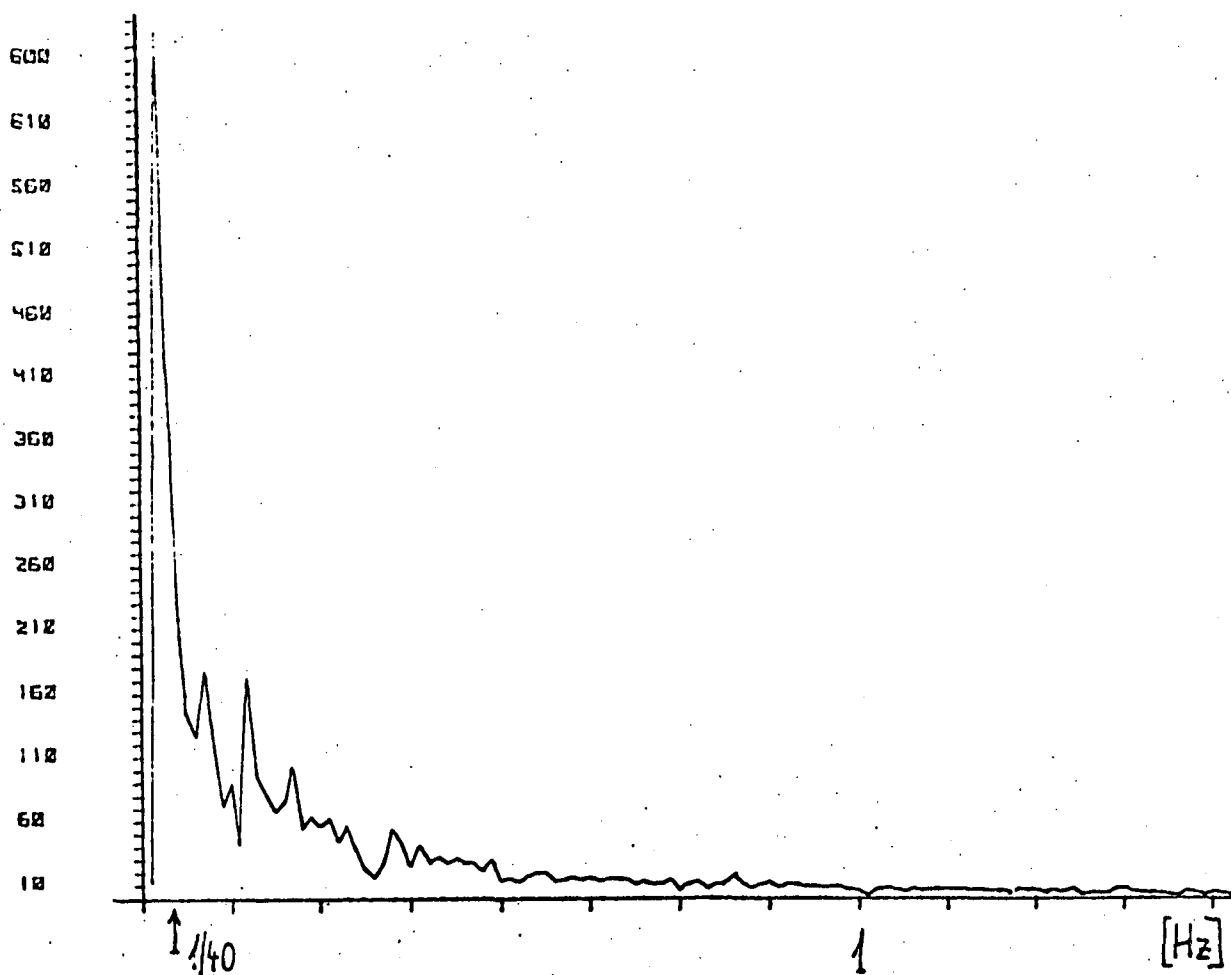
$$C_{fs}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T h(t) \cdot s(t+\tau) dt \quad (1)$$

$$G_{fs}(f) = \int_0^T C_{fs}(t) e^{-2\pi f t} dt \quad (2)$$

5. ábra

A kereszt-teljesítménysűrűség spektrum előállításához  $h(t)$  a pillanatnyi pulzusfrekvenciákból,  $s(t)$  a szinkron jelekből konstruált függvény. /1/-et és /2/-öt diszkrét alakban használtuk.





6. ábra  
Egy kereszt-teljesítménysűrűség spektrum

Az eredményekről

Amint az a 6. ábrán is látható, a spektrumok felbontása meglehetősen nagy: kb.  $1/80$  Hz. Mindemellett az első 30 spektrumvonal a teljes energia tulnyomó részét tartalmazza: átlagosan több, mint 77 %-át, 6 % szórással. Ilyen módon az egyes vegetatív válaszfüggvények frekvenciatarománybeli jellemzésére 30 adat elegendőnek bizonyult. E-

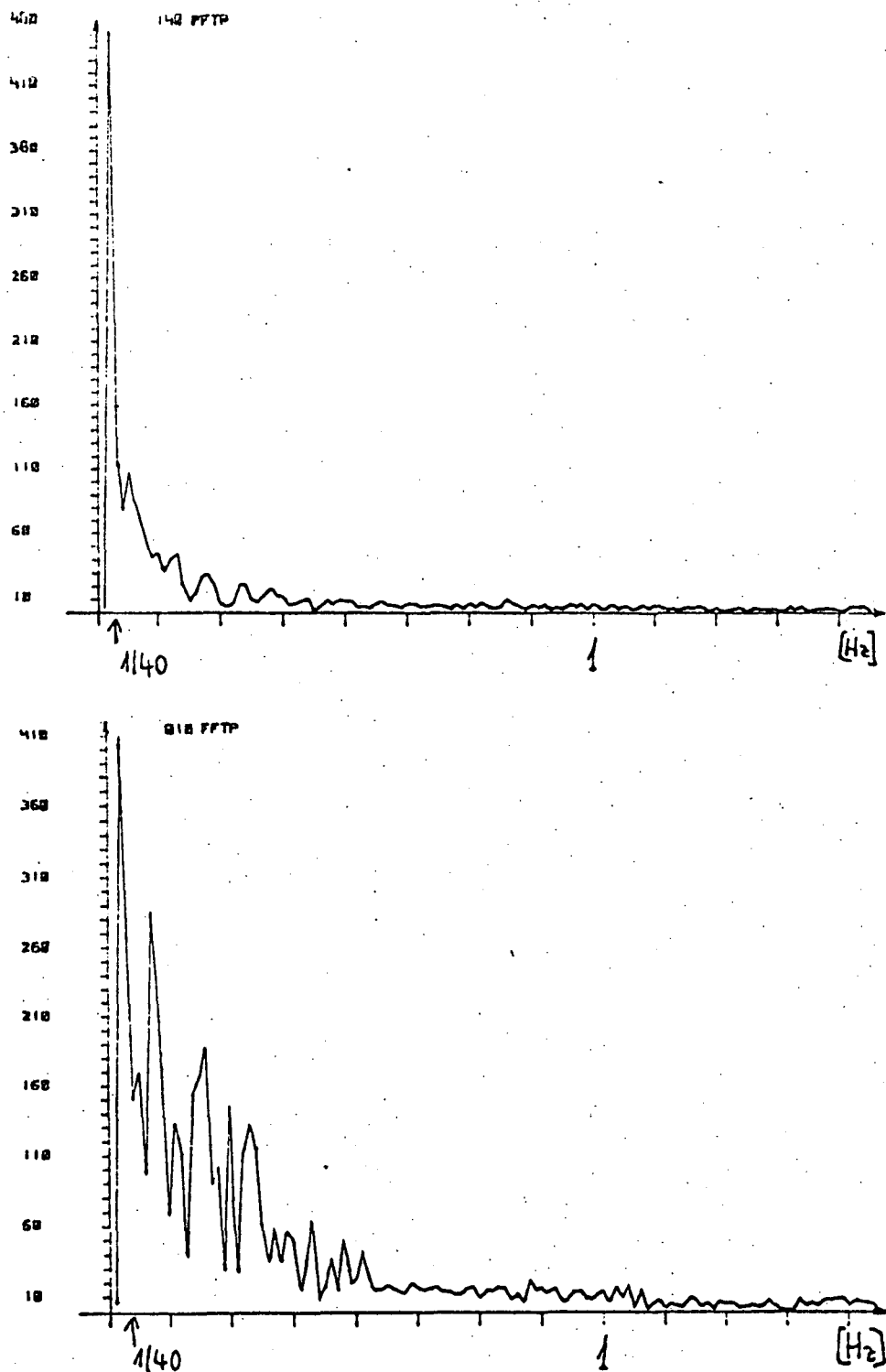
legendő alatt itt annak a kritériumnak a kielégítését értettük, hogy - eredeti célunknak megfelelően - alkalmas legyen az egyes csoportbeli görbék jellemzésére. Így az eredeti 18 Ksző-nyi adatmennyiség kb. 0.2 %-ával értük el a szükséges görbe-jellemző meghatározást..

A 7. ábrán látható egy tipikus hipertóniás és egy tipikus kontroll csoportbeli kísérleti személy spektruma. A kontroll csoportnál a spektrumvonalak erősen tömörülnek az 1/40 Hz körül, amely frekvencia megegyezik az ingerek frekvenciájával.

Ezt úgy értelmezhetjük, hogy az egészséges csoportban a legtöbb ingerre *egy* határozott pulzusfrekvencia válasz volt, szinusz jellegű lefutással. A hipertóniás csoportban megjelenik néhány erőteljes felharmonikus, jelezve a pulzusfrekvencia válaszok meredekebb fel- és lefutását és/vagy nagyobb frekvenciájú lengéseket a válaszfüggvényben.

A spektrumok csoportok közötti összehasonlítására az egyes spektrumvonalak relatív energiatartalmaival számoltunk. Még ezzel a viszonylag durva módszerrel is az 1/40 Hz környékén /alapharmonikus/, valamint a 3. és 5. felharmonikusoknál is /ellenkező értelemben/ 99 %-os szinten /F próba és a várható értékek eltérésének vizsgálata/ szignifikáns a spektrumvonalak eltérése. A kontroll és a nyombélfekélyes csoport spektrumai között szignifikáns eltérés nem volt kimutatható.

A bevezetőben vázolt modell alapján, a spektrumok eltérései a kóros és egészséges szabályozási mechanizmusok eltérését jelezhetik. A spektrumanalízis, illetve a pulzusgörbe feldolgozás eredményeit összevetettük a többi jelanalízis, valamint az egyidejűleg elvégzett pszichológiai tesztek eredményeivel is. Az összesített



7. ábra

Két tipikus kereszt-spektrum. A felső görbe a kontroll csoportba, az alsó a hipertóniás csoportba tartozik. Az ingerlési frekvenciát  $1/40$  Hz-nél nyilak jelzik.

adatokra elvégzett faktoranalízis és klaszteranalízis segítségével a fiziológiai válaszreakciók alapján elkülönített csoportok pszichológiai alkatának jellemzését is meg tudtuk határozni, ami hozzájárulhat ezen vegetatív betegségek kialakulásához vezető folyamatok jobb megértéséhez.

#### Irodalomjegyzék

- (1) J.S. Bendat, S.G. Piersol: Random data: Analysis and Measurement Procedures. John Wiley and Sons Inc. New York - London, 1971.
- (2) D.K. Kahaner: Matrix Description of the FFT. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics. Vol. 18. No. 4.
- (3) Kopp M., Korányi L.: Psychophysiological Characteristics of Juvenile Hypertensive and Duodenal Ulcer Patients. XXVIII. International Congress of Physiology, Budapest, 1980.